

Digitális műsorszórás

Előadó: Dr. Kovács Imre

**Egyetemi adjunktus
Híradástechnikai Tanszék
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**

Tel: 06 1 4632080

Email: kovacsi@hit.bme.hu

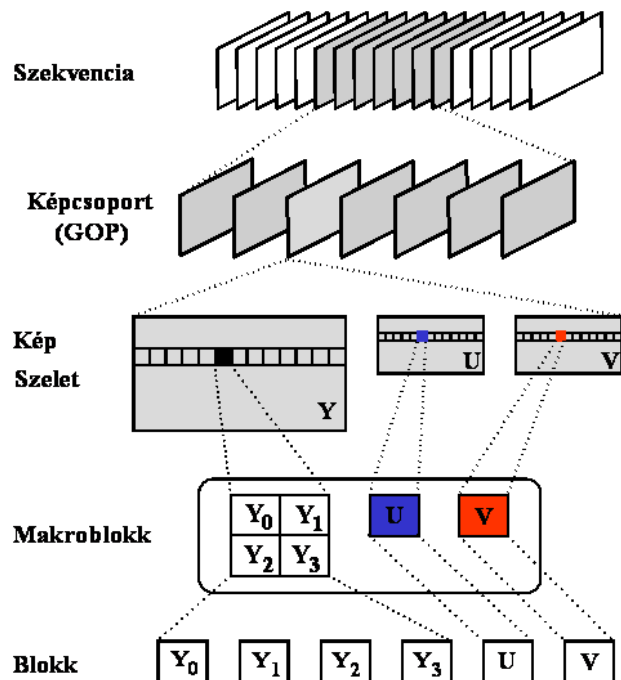
Tanfolyam tematika

- Videójel, videó formátumok, digitalizálás
- Videó és audió kompresszió
- **TS adatfolyam felépítése**
- Digitális modulációk
- DVB-T hálózat/vevő
- DVB mérés technika
- DVB-H, DRM
- Mérés technikai gyakorlat

A mai nap programja:

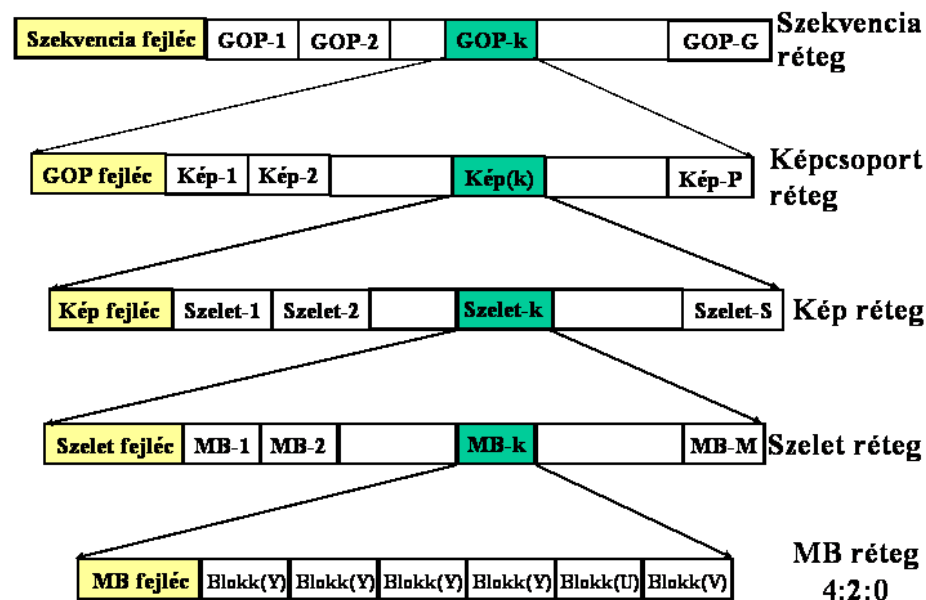
- MPEG videó és rendszer felépítése, jellemzői
- PES felépítése, PS vázlata
- TS részletes felépítése
- Szinkronizáció, időbélyegek
- MPEG PSI (PAT, PMT, CAT)
- DVB SI (NIT, BAT, SDT, EIT, stb.)
- DVB leírók
- Feltételes hozzáférés a DVB rendszerekben

Az MPEG rendszer felépítése

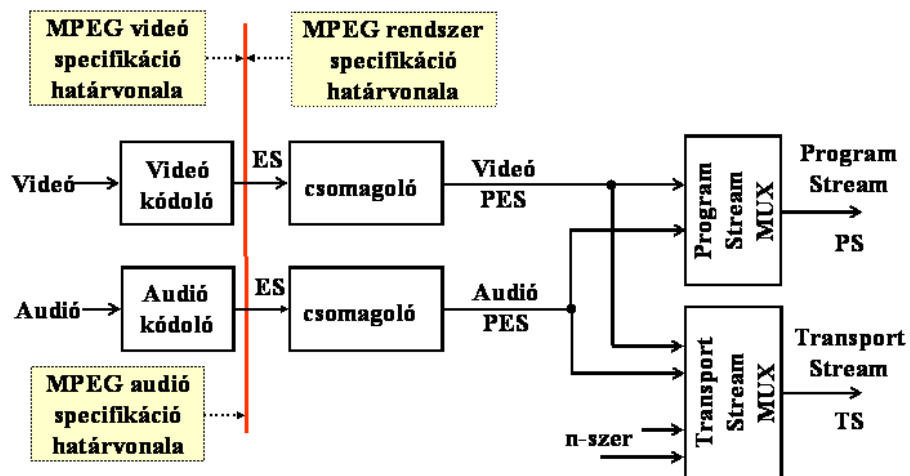


MPEG-videó réteg-szerkezete

MPEG videó réteg szerkezete



MPEG bitfolyamok kialakításának vázlata



ES: Elementary Stream

PES: Packetized Elementary Stream

TS: Transport Stream

PS: Program Stream

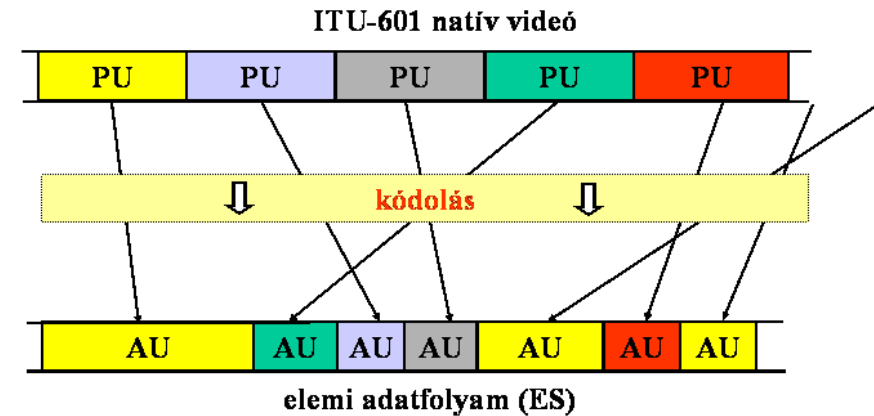
Néhány előzetes fogalom

- **ES: Elementary Stream:** egyetlen komponens (audio, videó, adat) kódolt adatai
- **Csomagolás (packet)** az a művelet, amelyben az ES jól definiált mennyiségű adatait fejléccel és esetleg hibavédelemmel látjuk el, ezzel az kapott csomag kezdete és tartalma pontosan detektálható és azonosítható lesz
- **PES: Packetized Elementary Stream,** csomagolt ES adatfolyam, egyetlen komponens fejléccel és egyéb vezérlési információval ellátott adatait tartalmazza
- **PS: Program Stream,** amely egyetlen program videó, audio és adat komponenseit tartalmazza, csomagolt formában
- **TS: Transport Stream,** amely számos program és komponens csomagolt adatait tartalmazza

Néhány előzetes definíció

- **PU: Presentation Unit**, a videó és az audio megjelenítési egysége (videó esetén egyetlen kép, audio esetén pedig jól definiált időtartamú audio minta)
- **AU: Access Unit**, hozzáférési egység, amely általában a megjelenítési egység kódolt adatait tartalmazza
- **Időbélyeg (time stamp)**, valamilyen órajel adatfolyamba beültethető formában lévő adatait tartalmazza
 - **PTS: Presentation Time Stamp**, megjelenítési időbélyeg (PU)
 - **DTS: Decoding Time Stamp**, dekódolási időbélyeg (AU)
 - **PCR: Program Clock Reference**, program órajel referencia
 - **SCR: System Clock Reference**, rendszer órajel referencia

Adatfolyamok kialakítása



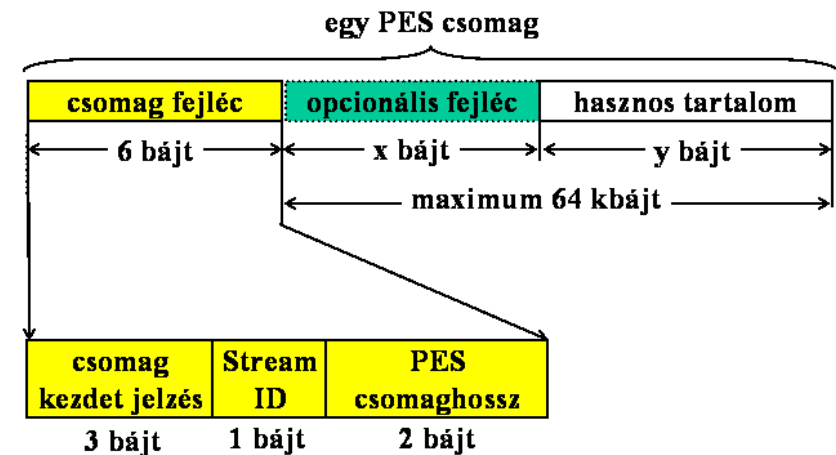
PU (Presentation Unit): videó és audio megjelenítési egység

AU (Access Unit): hozzáférési egység a PU kódolt adatai

Csomagolt elemi adatfolyam (Packetized Elementary Stream – PES)

- Egy elemi komponens kódolt adataiból létrehozott azonos azonosítóval rendelkező csomagok folyamatos sorozata a PES
- A PES adatmezőjét a komponens egymás utáni adat bájtaiból, az eredeti sorrendet megtartva kell létrehozni
- De tartalmaznia kell egyebek között az adatfolyam órajelét és a bitsebességét is
- A PES csomagok változó hosszúságúak
- A PES csomag elején a minimum 6 bájttal hosszú fejléc található
- A fejléc első 3 bájta kezdetjelző „startkód előtag” (000001)
- A fejléc 4. bájta az „adatfolyam-azonosító”, mely a típust azonosítja (pl. videó, audio, vagy egyéb adatfolyam)

A PES csomag általános felépítése

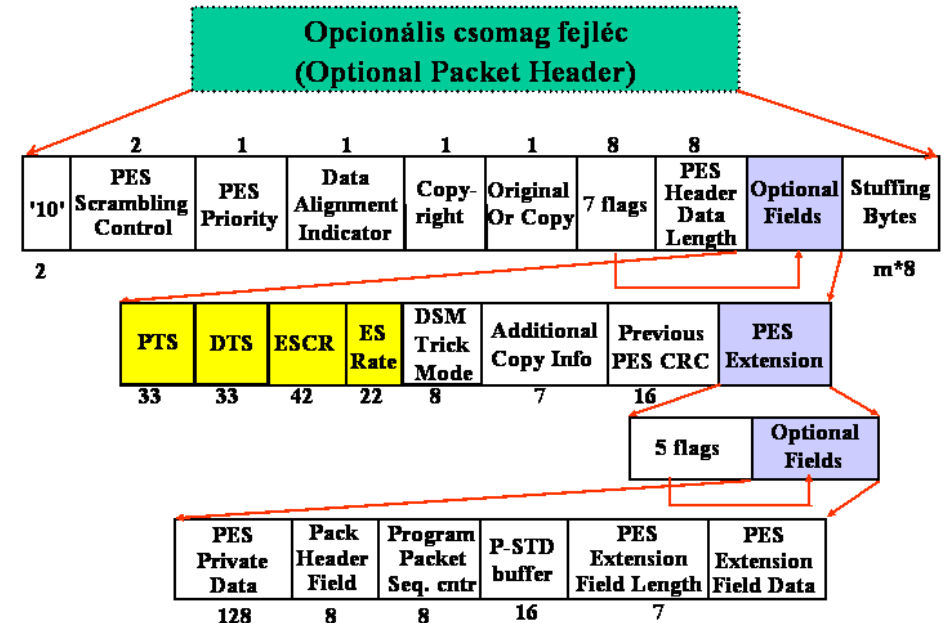


PES

Adatfolyam azonosító (célirányos részletek)	A kódolt adatfolyam tartalma
1011 11X1	Privát adatfolyam
1011 1110	Töltelék bitfolyam (padding)
110x xxxx	MPEG-1,-2 audio adatfolyam (32 db.)
1110 xxxx	MPEG-1,-2 videó adatfolyam (16 db.)
1111 000X	Titkosítás adatfolyamai (ECM és EMM)

- Az adatfolyam azonosítót a 2 bájtos csomaghossz követi, amivel a legfeljebb 64 kilobájtos hasznos adattartalom adat mennyisége adható meg
- Ha mindkét bájt nulla értékű, akkor a PES csomag hossza meghaladja a 64 kilobájtot

Az opcionális csomag fejléc felépítése



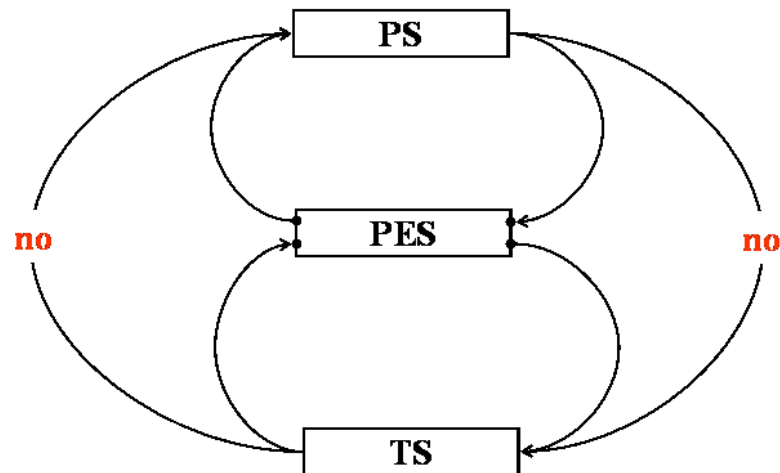
A program adatfolyam (PS)

- A PS egyetlen program, azonos időalappal rendelkező elemi adatfolyamainak kódolt adatait tartalmazza
- Kis hibavalószínűségű tárolás, vagy átvitel céljaira
- Azaz szoftver alkalmazások számára dolgozták ki
- Maga a PS lehet változó és fix bitsebességű
- Az alkotó elemek is lehetnek fix, vagy változó sebességűek
- A PS sebességét az időalap bélyegének helye és tartalma, és az adatsebesség mező (mux_rate) határozza meg

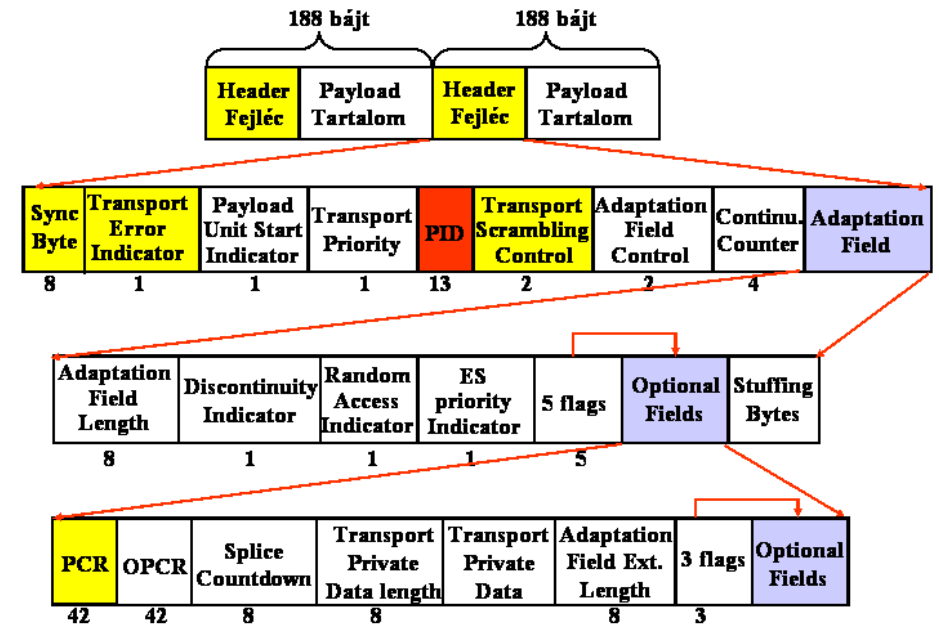
Transzport adatfolyam (TS)

- A TS-t zajos környezetre (fix méretű csomagok) tervezték
- Egy vagy több program kódolt adatait tartalmazhatja
- Lehet fix vagy változó adatsebességű
- A komponensek is lehetnek fix vagy változó adatsebességűek
- Minden programnak lehet független időalapja
- TS előállítás kritikus, ha több egymástól független időalappal rendelkező programból kell kialakítani egyetlen konstans bitsebességű TS-t
- TS-t előállítani tetszőlegesen lehet, ha az érvényes szintaxisú bitfolyamot eredményez
- Az előállítás történhet PES-ből, vagy TS-ből

PES, PS és TS közötti konverzió



A TS adatcsomag (packet) felépítése



A TS egyes részeinek jelentése

- **Szinkron bájt:** értéke hexadecimális (Hex) 47
- **Átviteli hiba jelzés (1bit):** „1”-es jelzi, hogy a csomag átvitele során valahol a csomag mellé rendelt hibavédelmi eljárás nem volt képes minden hibát kijavítani, így a csomag tartalma figyelmen kívül hagyandó
- **Hasznos adatrész kezdete jelzés (1bit):** „1”-es jelzi, hogy az adott TS csomagban új hasznos adategység kezdődik, azaz a csomag hasznos adatrészének első bájtja videó, vagy audió PES csomag fejléce, vagy új tábla kezdetének megfelelően egy táblaazonosító (lásd később)
- **Átviteli prioritás jelzés (1bit):** „1”-es jelzi, hogy az adott TS prioritása magasabb mint a normál, ezért gyorsabb feldolgozást igényel

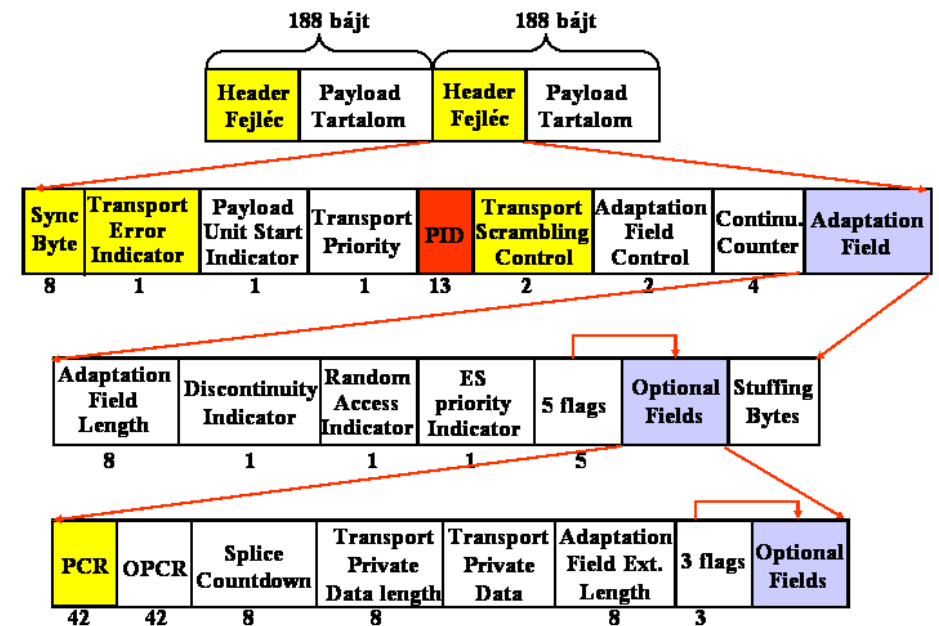
A TS egyes részeinek jelentése

- **Csomag azonosító (PID) (13bit):** egy adott TS-ben minden komponens egyedi azonosítója
- **Feltételes hozzáférés jelzés (2bit):** megadja, hogy a TS-csomag hasznos adatrésze titkosított-e vagy sem
 - Ha a két bit „00”: akkor a hasznos rész nincs titkosítva
 - Ha a két bit közül csak az egyik „1”: a hasznos adatrész titkosított, vagy helyi kódszavas, vagy vezérelt
 - Ha a két bit „1”-es, akkor egyéb gond van
- **Adaptációs mező jelzés (2bit):** van-e adaptációs mező:
 - Ha a két bit „00”: nincs adaptációs mező
 - Egyébként van, plusz egyéb furcsaságok

A TS egyes részeinek jelentése

- **Csomag folytonossági számláló (4bit):** minden azonos PID-ű TS csomagsorozat rendelkezik ezzel a 4 bites számlálóval, amely 0 és 15 között inkrementálódóan számol úgy, hogy 15 után a 0-t veszi fel, és minden azonos PID-ű beültetendő csomag esetében értéke eggyel nő, alkalmazása lehetővé teszi a vevő oldalon a csomagvesztés detektálását (ha értéke nem eggyel nő), program váltáskor értéke megszakadhat, amit az adaptációs mezőben jelezni kell

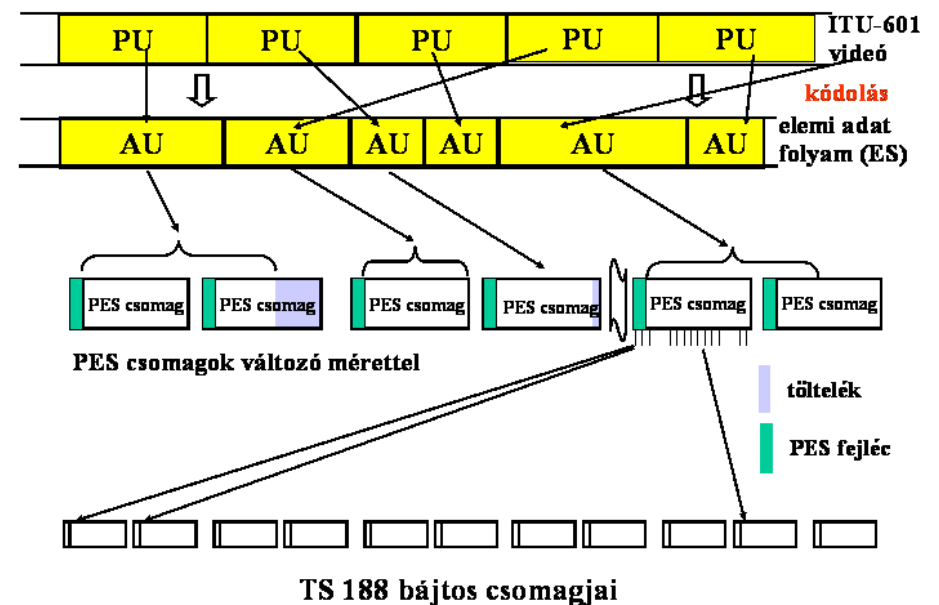
A TS adatcsomag (packet) felépítése



A TS egyes részeinek jelentése

- **PCR (42bit):** az adaptációs mező legfontosabb része, amely a kódoló oldalon a rendszer-órajel (27 MHz) periódusait 42 biten számlálja (kb. 26 óra körül fordulással), a vevőben a digitális óragenerátor PLL referenciáját szolgáltatja

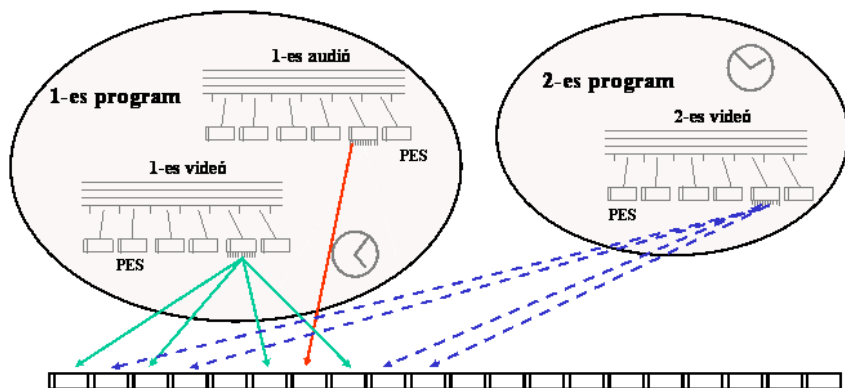
TS kialakítása



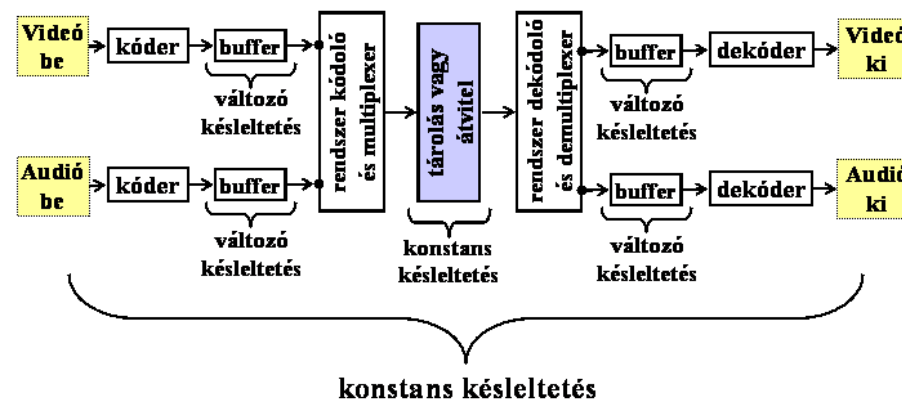
TS kialakítása 2 programból

(minden program önálló órajellel)

2 ES az 1-es programban, 1 ES a 2-es programban



Rendszer időzítési modell



Időzítés forrása

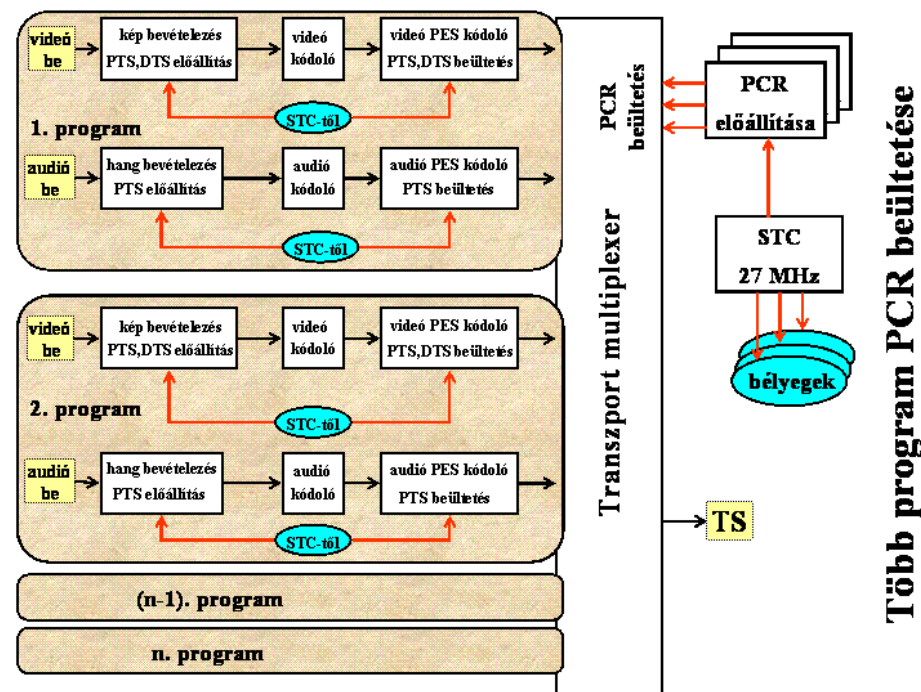
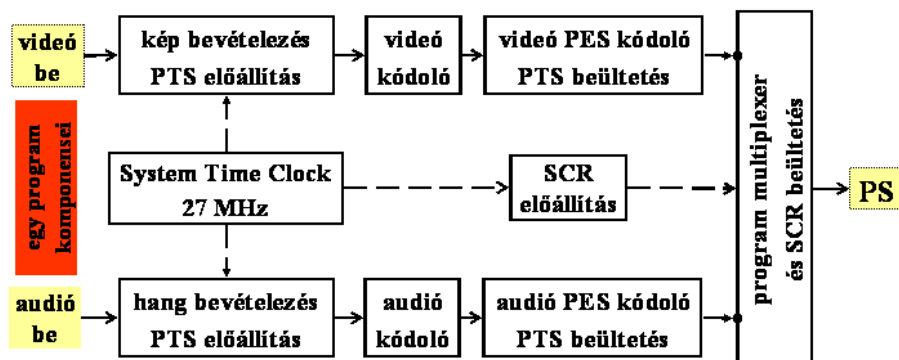
- Az időzítési információ általában egy közös órajelből (STC: System Time Clock) származik
- A PS esetében ez lehet a videó, vagy az audio mintavételi frekvencia valahányszorosa, de lehet olyan frekvencia is, amely kissé eltér a pontos aránytól
- A TS esetében az órajel csak az audio, vagy a videó mintavételi frekvencia tört része lehet (27 MHz)

Szinkronizáció

- A TS és PS elemi komponensei közötti szinkronizáció alapja a különböző időbélyegek (Time Stamp)
- Ezek az időbélyegek is valamilyen órajelből származnak
- A leggyakoribb órajel típusok:
 - Rendszer órajel (SCR: System Clock Reference) (PS)
 - Program órajel (PCR: Program Clock Reference) (TS)

- Több elemi bitfolyam kódolásakor célszerű az egyes bitfolyamok kódolását egyetlen közös órajelhez kötni
- Ezen órajel lehet valamelyik forrás órajele, de lehet külső is
- De a TS programjai rendelkezhetnek saját időalappal is
- A szinkronizáció eszköze a megjelenítési időbélyeg (PTS)
- Ezért azok a TS és PES csomagokban is megtalálhatók
- A szinkronizáció úgy biztosítható, hogy a kóder akkor generálja a PTS-t, amikor a kérdéses adategységet megkapta, és ezt a PTS-t az adategység megfelelő adatai közé beülteti
- A dekóder a PTS-t kinyeri és a jelzett időben végzi a kijelzést

A PTS és DTS beültetés folyamata (PS esetében)



Időbélyegek

- Mindennek alapja a rendszer órajel frekvencia (STC)
- Kijelzési időbélyeg** (PTS) 33 bit, a kijelzési egység (PU) kijelzési ideje, az STC periódus idejének 300 szorosában (90 KHz), ha az időpont t_p :

$$PTS = \{(STC \cdot t_p) \text{ DIV } 300\} \bmod 2^{33}$$

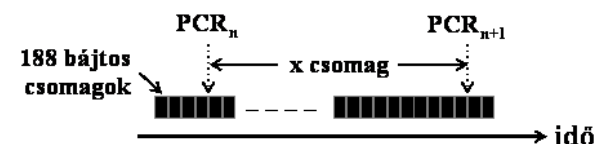
- Dekódolási időbélyeg** (DTS) 33 bit, a hozzáférési egység (AU) dekodolási ideje az STC periódus idejének 300 szorosában, ha az időpont t_d :

$$DTS = \{(STC \cdot t_d) \text{ DIV } 300\} \bmod 2^{33}$$

- PCR/SCR:** 42 bit, értéke megadja a STC aktuális állapotát a rendszer órajel periódus számban:

$$PCR = \{STC \cdot t\} \bmod 2^{42}$$

Egy PCR példa



adatsebesség	csomagszám	időtartam	órajel-szám	PCR_n	PCR_{n+1}	hiba
1 Mbit/s	260	39,104 ms	10558080	0	10558080	0
1,1 Mbit/s	290	39,65 ms	10705745,5	0	10705745	19 ns

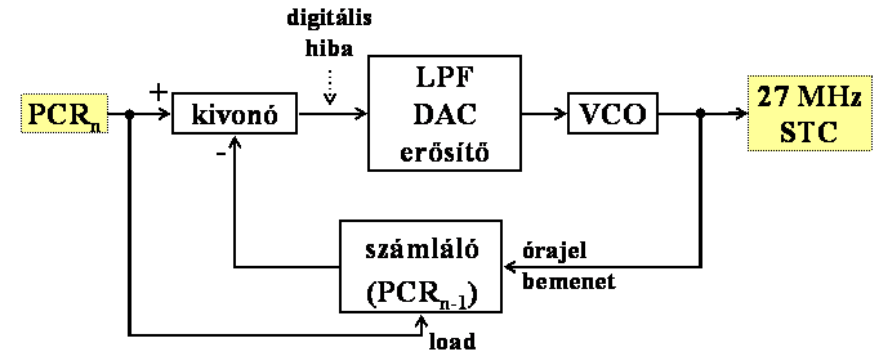
- Az MPEG-2 specifikáció PCR jitterre: $\pm 500\text{ns}$
- Az elvi legkisebb hiba a 27 MHz órajel periódusának fele

Az STC regenerálása

- A TS programonként tartalmazza a PCR-t
- A PCR az STC abban a pillanatban fellépő értéke, amikor a PCR maga belép a modell dekóderbe (így ültetjük be)
- Tehát a PCR megadja a feltételezett és tervezett beérkezési idejét, feltéve, ha a rendszer órajel ismert és szinkronban van
- A megfelelően konstruált MPEG-2 bitfolyam PCR értékei az PCR által hordozott időben érkeznek be a dekóderbe
- Ha a dekóder és a kóder időalapja szinkronban jár, akkor a teljes konstans késleltetés a bemenet és a kimenet között, valamint a szinkron megjelenítés biztosított
- Megjelenési gyakorisága a TS-ben 100, a PS esetében 700 ms, ezzel biztosítható az órajel regenerálás

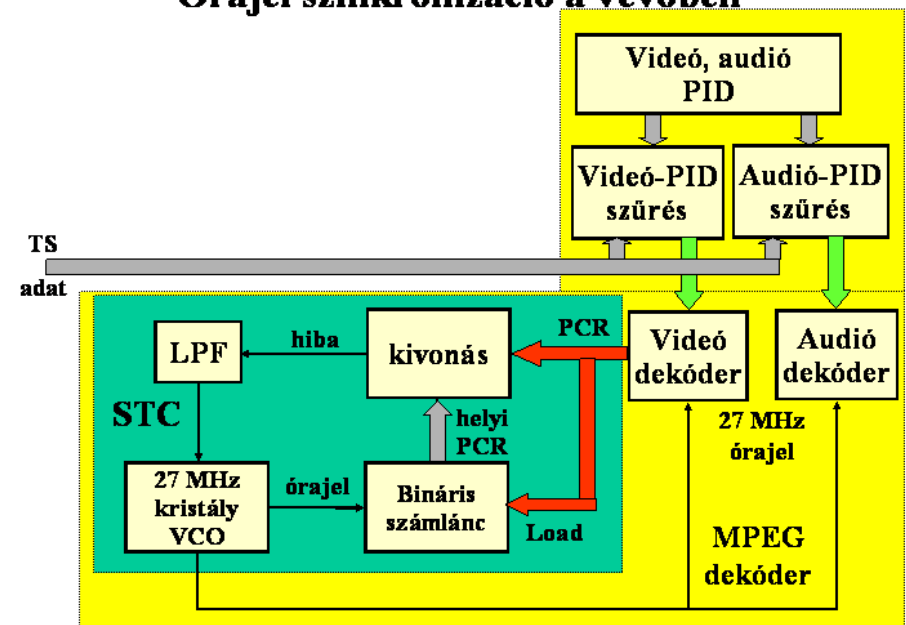
A vevő STC PLL felépítése

- A vevő kapja a TS-t, ami az aktuális adatsebességgel érkezik
- A néző által kért program szűrése PID alapon
- A választott program videó adatfolyamából a PCR kinyerhető



- Ha a VCO szabadonfutó frekvenciája elég közel van a kódoló órajel frekvenciájához, akkor a dekóder STC-je az első PCR beérkezése után azonnal megfelelő lesz
- Amíg a dekóder PLL nincs fáziszárban, folyamatos és elkerülhetetlen buffer foglaltság növekedés és csökkenés következik be, ami buffer alul/túlszordulást eredményez
- Ezért a dekóder STC frekvencia PLL zárási idejének áthidalására járulékos buffer méretet és késleltetést kell definiálni
- Abban az esetben, ha a dekóder olyan PCR-eket vesz, melyek értéke és belépési ideje korrekten tartalmazza a kóder órajel értékeit, a „hiba” nulla értékhez konvergál a PLL zárása után

Órajel szinkronizáció a vevőben



- Ha a VCO szabadonfutó frekvenciája elég közel van a kóder rendszer órajel frekvenciájához, akkor a dekóder STC-je az első PCR beérkezése után azonnal megfelelő lesz
- Amíg a dekóder PLL nincs fáziszárban, folyamatos és elkerülhetetlen buffer foglaltság növekedés és csökkenés következik be, ami buffer alul-, vagy túlsordulást eredményez
- Ezért a dekóder STC frekvencia PLL zárási idejének áthidalására járulékos buffer méretet és késleltetést kell definiálni
- Abban az esetben, ha a dekóder olyan PCR-eket vesz, melyek értéke és belépési ideje korrekten tartalmazza a kóder alap órajelének értékeit, az „e” hiba konstans értékhez konvergál a PLL zárása után

- A biztos és stabil PPL működéshez azonban megfelelő gyakorisággal van szükség a PCR értékekre
- Miközben a beültetett PCR helye is igen fontos
- Ha az értékek és a beültetési hely nem pontos akkor jitter alakulhat ki az órajelben
- Az MPEG szabvány specifikálja a PCR beültetés legnagyobb megengedhető időbeli távolságát (40 ms) és jitterét (± 500 ns)
- A PCR pontatlanság akkor kritikus, ha a vevő PAL jelét használjuk, ilyenkor lévén a PAL segédvívót a vevő dekóder a jitteres 27 MHz-ből származtatja, ami szintén jitteres lesz, ennek következtében a színsegédvívó frekvencia értéke nem lesz pontos, és a tv-vevő a videót fekete-fehéreként képes csak venni és megjeleníteni

- A PCR a csomag alapú átviteli utakon (IP) és a TS újra-multiplexálása során válhat jitteressé
- Az utóbbi esetben pl. akkor, ha miközben a PCR csomag időbeli helyét megváltoztatjuk a PCR értékét nem korrigáljuk
- A PCR jitter annak ellenére, hogy maximális értéke szabvány által előírt módon nem haladhatná meg $\pm 0,5$ μ s-ot néha elérheti ± 10 μ s-ot is
- E nagy értéket sok vevő képes korrigálni, de nem az összes
- A PCR információt a rendszer az adott programhoz tartozó TS-csomag adaptációs mezőjében továbbítja
- Hogy hol, az az adott programhoz tartozó PMT-ben található
- A PCR szinkronizáció után a kép- és hang dekódolása a rendszer órajellel szinkronban történik

MPEG-PSI felépítése

Program specifikus információk

(Program Specific Information)

TS felépítés jelzése

- Egy TS feldolgozásához ismerni kell az adott TS-t alkotó program komponenseket és azok elérési címét (PID)
- Tehát a TS felépítést továbbítani kell
- Ehhez speciális PID-eket kell kijelölni, ahol a TS tényleges PID kiosztásától független a TS felépítés közölhető
- Ezért a „0”-ás PID-et kijelölték a TS program tartalomjegyzék (PAT) továbbítására
- A TS-t alkotó egyes programok felépítése nagyon bonyolult is lehet, ezért a fenti tartalomjegyzék nem a TS tényleges felépítést, hanem azokat az elérési címeket (PMT-PID) hordozza, ahol az egyes programok felépítése megtalálható

TS felépítés jelzése

- A PSI célja tehát azon információk biztosítása, melyek lehetővé teszik a TS demultiplexálását, a program komponensek megkeresését és azok azonosítását
- Egy TS sok elemi bitfolyamból áll, amelyek mindegyike egy, vagy több PID-del azonosítható
- A dekóder ezeket figyeli és az adott műsorhoz megfelelően beállított PID-ű TS csomagokat továbbküldi az audió, videó, illetve rendszerinformációkat feldolgozó egységnek, a többi egyszerűen figyelmen kívül hagyja (ez a PID szűrés)
- Teljes program, vagy programok lehetnek titkosítottak is
- De a PSI nem lehet titkosított

A PSI-hez négy MPEG tábla tartozik

- TS program hozzárendelési tábla:
 - PAT: Program Association Table (PID: 0000)
- Egyedi program térkép tábla:
 - PMT: Program Map Table
- Hálózat információs tábla:
 - NIT: Network Table Information
- Feltételes hozzáférés tábla:
 - CAT: Conditional Access Table (PID: 0001)

Általános elvek

- A PSI az információkat adat táblák formájában hordozza
- A táblák mérete meghaladhatja egy TS csomagok méretét
- Ezért az egyes adat táblákat szekciókra kell osztani
- A szekció egy szintaktikai struktúra, amely lehetővé teszi a táblák leképzését és beillesztését a TS-be
- A szekció mérete változó, maximálisan 1024 bájt lehet
- A szekció közvetlenül beilleszthető a TS csomagokba
- További speciális beültetési elvek (részletekbe nem)

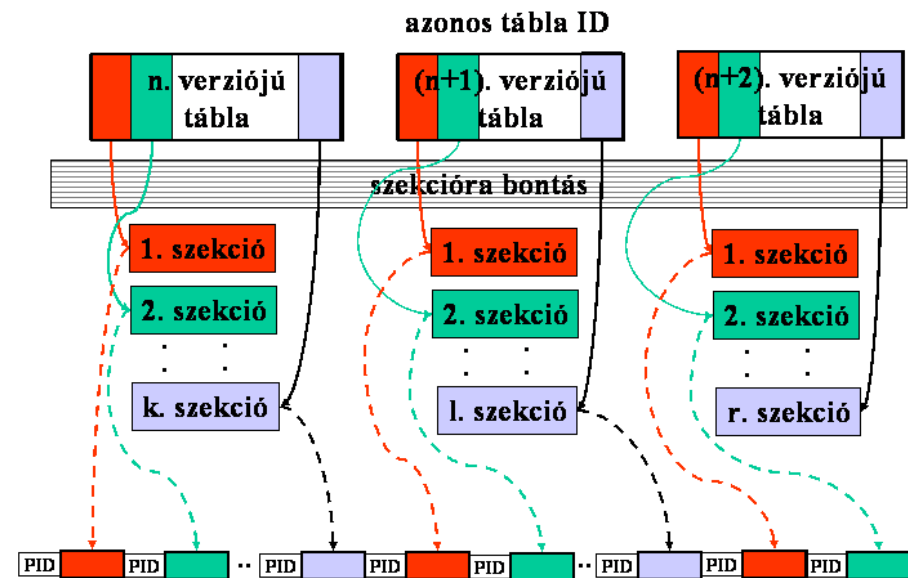
Általános elvek

- Minden szekció rendelkezik:
 - tábla azonosítóval
 - szekció számmal
 - verzió számmal
 - jelenlegi/következő konfiguráció azonosítóval

Tábla azonosító (table-id)

- Jelzi, hogy a szekció milyen tábla adatait tartalmazza
- „00” a PAT, „01” a CAT és „02” a PMT táblát azonosítja
- Egyéb tábla azonosítók egyedileg definiálhatók
- A tábla azonosítóra szűrő készíthető

Szekció bontás grafikusán



Szekció szám (section number)

- Lehetővé teszi a dekóderben az eredeti felépítésű és sorrendű tábla visszaállítását
- A szabvány nem definiálja a növekvő szekció szám alapján történő szekció továbbítást és bontást, de azért ajánlott
- Kivéve azt az esetet, amikor a tábla különböző szekcióit eltérő gyakorisággal kell továbbítani
- Alkalmazásával véletlen elérésű, illetve kapcsolatmentes nem műsorszórási célú rendszerek esetén is lehetőség van a vételoldalon a sorrendhelyesség detektálására

Verzió szám (version number)

- Ha a TS jellemzők megváltoznak, akkor új PSI adatokat kell leküldeni, ez jelezhető az inkrementálódó verzió számmal
- De a dekódernek tudnia kell azt is, hogy az aktuális PSI szekció ugyan azt tartalmazza-e mint az előző
- Ha azonos, akkor figyelmen kívül kell hagyni, ha a tartalma eltér a régítől, akkor ez konfiguráció-váltást jelez

Jelenlegi/következő (current/next) konfiguráció

- Tudni kell, hogy egy új PSI konfiguráció milyen időponttól érvényes, ezzel jelezhető

Ismétlési frekvencia és a véletlen hozzáférés

- Ha a véletlen hozzáférés követelményként megfogalmazódik (műsorszórás), akkor a PSI átvitelének periodikusnak kell lennie, még akkor is, ha a tartalma nem változik
- Az MPEG-2 az ismétlési frekvenciára nem tartalmaz előírást
- Teljesen világos az is, hogy az ismétlési frekvencia növelése segíti a véletlen hozzáférést, de növeli a PSI adatok által lefoglalt sávszélességet (DVB: PAT, 0,5 sec)
- Ha a program felépítése állandó, vagy majdnem konstans a dekóder tárolva azokat lényegesen gyorsabban hozzájuk tud férni, mintha megvárná az újbóli leküldést
- A tárolási képesség és a gyorsaság közötti kompromisszum a vevő-dekóder gyártóra van bízva

Program definíció

- Egy program az azonos időalapú elemi (videó, audió, TXT, stb.) komponensek összessége
- Az egyes programokra a programszámmal (16bit) hivatkozunk, mely jelentéssel csak a TS-en belül bír
- Mivel a vevő dekóder sok TS-t kaphat, nem elegendő csak a program számot figyelnie, a TS azonosítót is vizsgálni kell
- A TS konfiguráció azonosítása opcionálisan lehetséges a NIT táblán keresztül is
- A NIT tábla tartalmát a dekóder nem-felejtő memóriában eltárolhatja, így a csatorna hozzáférési idő csökkenthető

Programszám kiosztás

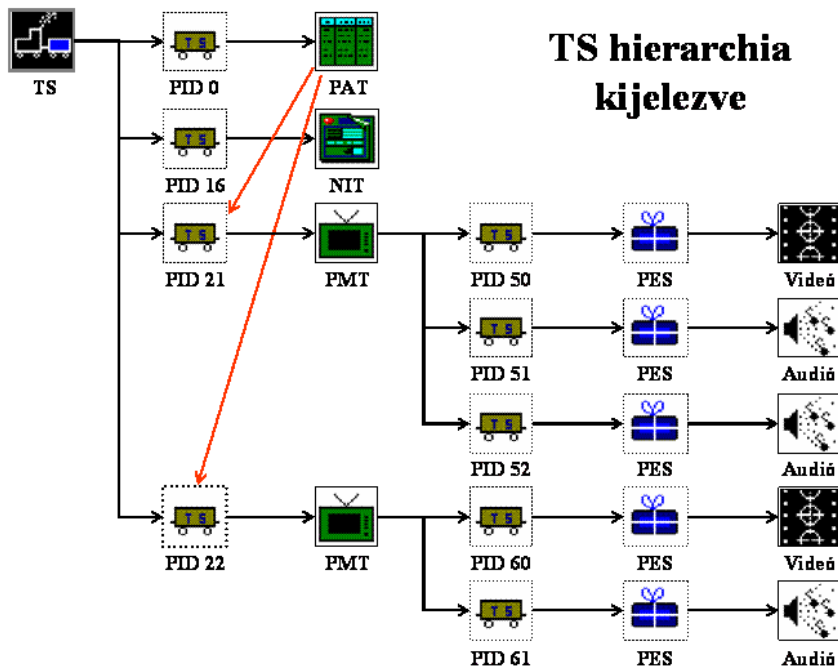
- Néha nem a legjobb megoldás az azonos időalappal rendelkező komponensek egy programba fogása
- Definiálni lehet olyan TS-t, melyben a program komponensek logikailag szétválasztottak, de a program PCR-jét egyetlen PID-ű csomagok hordozzák valamennyi komponensre
- Ilyen konfiguráció lehet, pl. a többnyelvű adás, amikor egy videó bitfolyamot több audió bitfolyam kísér
- Ilyenkor a videó adatfolyam hordozza a program PCR-t, míg a különböző nyelvű audió adatfolyamok eltérő PID-del rendelkeznek

Általános rendszerek PSI struktúrája

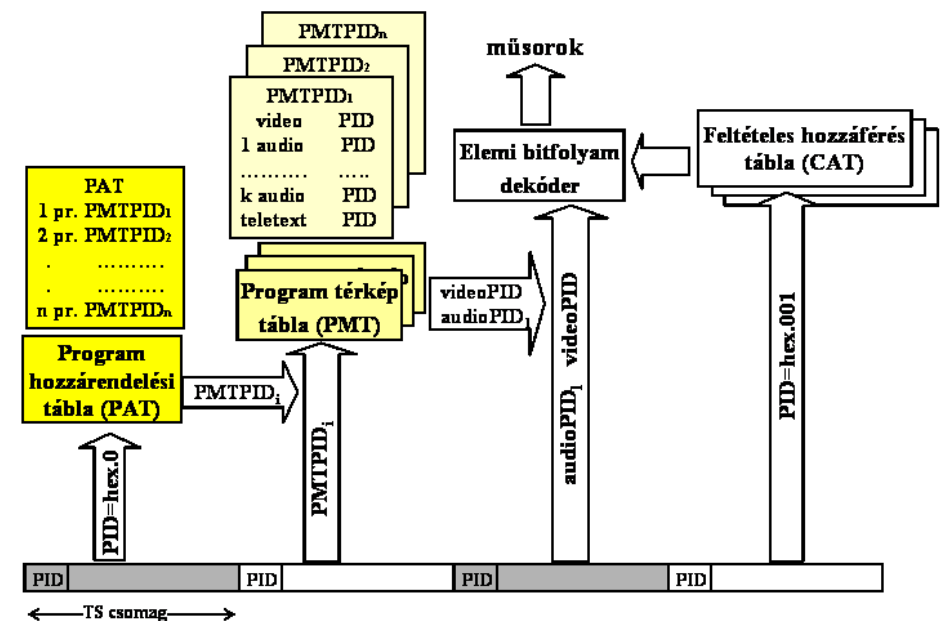
- A műsorszórás sok TS adatfolyammal dolgozik
- Ezekben a PSI táblák mindegyike megjelenik
- A PAT/PMT tábláknak minden esetben komplettnek kell lennie és valamennyi komponensről teljes leírást kell adnia
- Ha egy komponens hozzáférése vezérelt, akkor a CAT táblának is meg kell lennie
- A PAT táblák adatait mindig a „0”-ás PID-ű, míg a CAT táblák adatait a „1”-es PID-ű TS csomagok hordozzák
- A PMT táblákat hordozó TS csomagok PID-jei szolgáltató által definiáltak, mint PMT-PID, melyeket valamennyi programra a PAT tartalmaz

A PSI táblák kapcsolata

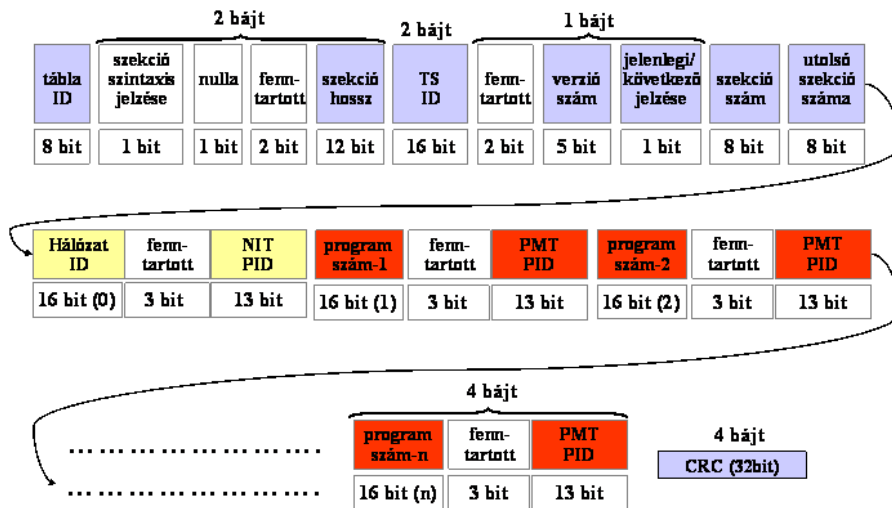
- A PAT-ban jelzett valamennyi programra teljes leírást kell adni
- Ezt egyenként minden programra a PAT táblában megadott azonosítójú PMT táblákkal végezzük
- A PAT megadja a kapcsolatot a programszám és az adott programszámú program definiálását biztosító adatokat hordozó TS csomagok PID-je (PMT_PID) között
- A TS-en belüli program változást a PAT táblában kell jelezni
- Maga a PAT a TS-be ültetés előtt szekciókra bontható
- E szekcióbontás kívánatos a hibák elleni védelem érdekében
- A PAT táblát titkosítás nélkül kell továbbítani



MPEG-PSI alkalmazása



PAT részletes felépítése



A tábla teljes hossza: $1+2+2+1+1+1+1+4+(4n)+4=16+4n$ [bájt]

Ha a programszám < 43 (mindig): PAT = 1 TS csomag

A PAT további részletei

- Kiosztott alapértelmezett tábla azonosítók

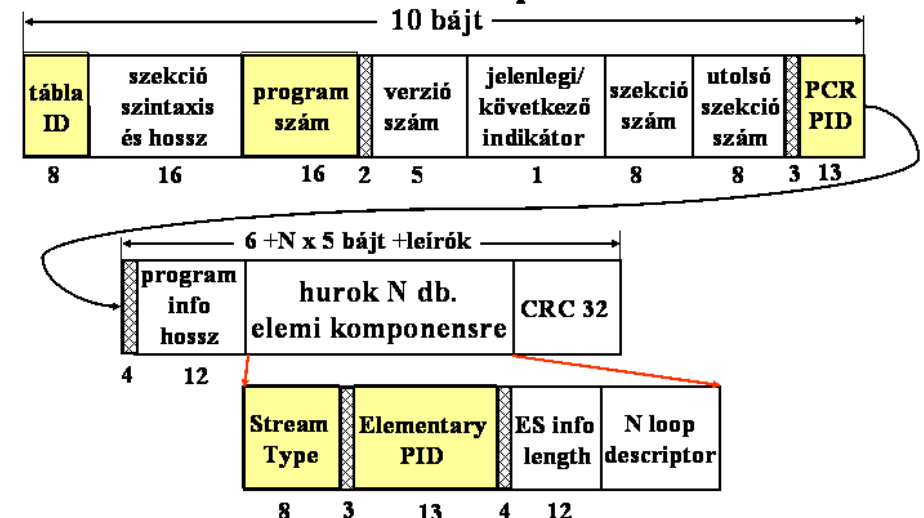
tábla azonosító	jelentés
hex. 00	PAT
hex. 01	CAT
hex. 02	PMT

- TS-ID: felhasználó által definiált, az adott TS azonosítója
- Programszám: annak a programnak az azonosítója, melyre az öt követő PMT-PID vonatkozik
- Hálózati-PID: a NIT-et hordozó csomagok PID-je
- PMT-PID: a PMT adatait hordozó csomagok PID-je, egy programszámhoz csak egy PID tartozhat

PMT-ről általában

- A PMT-k adják a kapcsolatot a programszámok és a programokat alkotó program komponensek elérési PID-jei között
- Ez tulajdonképpen maga a program definíció
- Egy-egy ilyen PMT tábla tartalmazza a TS egy-egy programjának teljes leírását
- A táblákat olyan TS csomagokban kell továbbítani, melyek PID-jét a PAT tartalmazza

PMT felépítés



Egy tábla leírók nélküli hossza: $16+(5N)$ [bájt]

Ha az elemi komponensszám < 34 : 1 PMT-befér 1 TS-be (leírók?)

Programszám (program-number)

- Megadja annak a programnak a számát, amelyre az őt követő adatok vonatkoznak
- Maga a programszám lehet pl. a műsorszórási csatorna száma

A program órajel referencia PID-je (PCR-PID)

- A programszám által azonosított program PCR-jét hordozó TS csomag PID-je

Bitfolyam típusa (stream-type)

- Megadja azon elemi komponens típusát, amelynek TS csomag PID-jét a következő mező tartalmazza

Elemi adatfolyam PID (Elementary-PID)

- Megadja az előzőleg definiált típusú adatfolyam PID-jét

Bitfolyam típusa (stream-type)

Bitfolyam típus	Tartalom
00	ISO/IEC fenntartott
01	MPEG-1 videó
02	MPEG-2 vagy MPEG-1 korlátozott paraméterű videó
03	MPEG-1 audió
04	MPEG-2 audió
05	MPEG-2 privát adat
07	ISO/IEC 13522 MHEG
08	MPEG-2 DSM-CC
0A-0D	ISO/IEC 13818-6 A, B, C, D típus
0F-7F	MPEG-2 fenntartott
80-FF	Felhasználó által definiálható

CAT felépítés

- A feltételes hozzáférés adatait tartalmazó tábla megadja egy, vagy több CA rendszer és az EMM és egyéb jellemzőit hordozó bitfolyamok közötti kapcsolatot

Table ID	Section syntax and length		Version number	Current/next Indicator	Section number	Last Section number	N Loop descriptors	CRC 32
8	16	18	5	1	8	8		32

- Leírók (descriptors) {N bájt}, maga az adattartalom
- A részletekre nem térünk ki
- Nem is tudnánk hiszen nagyrészt szabadalmaztatott struktúra

A PSI sávszélesség igénye

- A packet alapú PSI átvitel finom lépcsőkben képes biztosítani a szükséges átviteli gyakoriság növelését, vagy csökkentését
- Valamely komponens kinyerési ideje egy valóságos dekóderben számos dologtól függ:
 - a hangolási időtől
 - a demultiplexálási időtől
 - a szekvencia fejléc gyakoriságától
 - az „I” képek megjelenési periódusától
 - és pl. a titkosítás módjától is

Egy példa

- Előfeltétel: minden program kettő elemi komponensből áll
- A PMT üzenet egy komponensre minimum 5 bájt
- Ezzel a PMT információ programonként: $16 + 2 \times 5 = 26$ bájt
- Így 7 PMT szekció is beleférhet egyetlen TS csomagba
- Eközben 42 program PAT információja is elfér egyetlen TS csomagban, hiszen: $16 + 4 \times 42 = 184$
- A könnyű feldolgozás és újra leküldés érdekében célszerű lenne egyetlen PMT szekciót egyetlen TS csomagban egy saját PMT-PID mellett továbbítani
- Ez azonban megnövelné a szükséges bitsebességet, ezért először nem ezt választjuk

PAT tábla	programok száma a TS-ben				
Ismétlés gyakorisága	1	5	10	32	128
1 Hz	1504	1504	1504	1504	6016
10 Hz	15040	15040	15040	15040	60160

A PAT táblák átvitelének bitsebesség igénye (bit/s)

PMT táblák	programok száma a TS-ben				
ismétlés gyakoriság	1	5	10	32	128
1	1504	1504	3008	7520	28576
10	15040	15040	30080	75200	285760

A PMT táblák átvitelének bitsebesség igénye (bit/s)

- Vegyünk egy DVB-T csatornát a példában
- 5 db. 4 Mbit/s-os program 22 Mbit/s adatsebességre
- A PAT és PMT sáv szélesség igény kb. 31 kbit/s (10 Hz)
- A CA sáv szélesség igénye ennél sokkal több, kb. 500 kbit/s

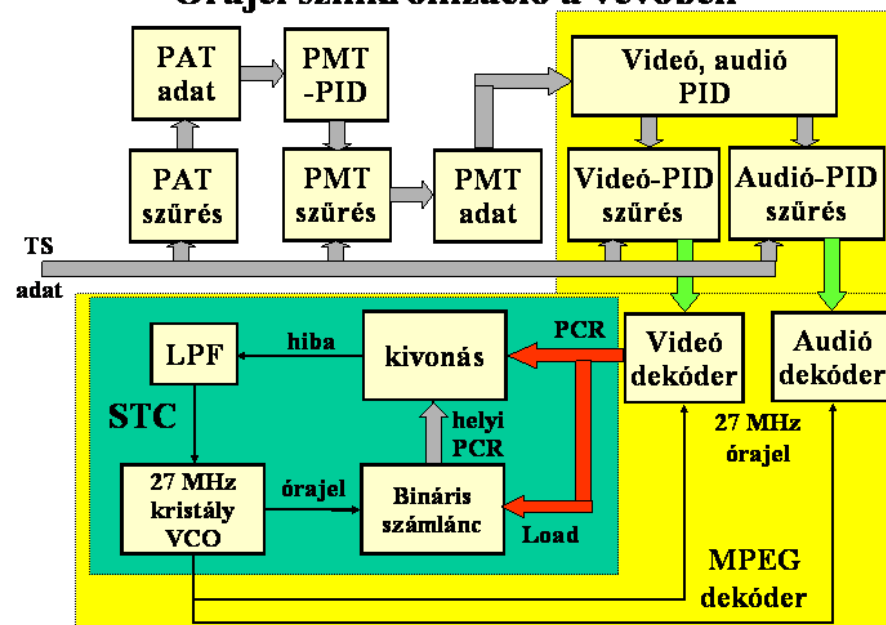
Egy példa

- A könnyű feldolgozás és újra leküldés érdekében és figyelembe véve a leírók átviteli lehetőségének biztosítását is egy TS csomagba csak egy PMT szekciót tegyünk
- A PAT sáv szélesség igénye nem változik
- A PMT-k átviteli sebesség igénye kb. 7-szeresedik

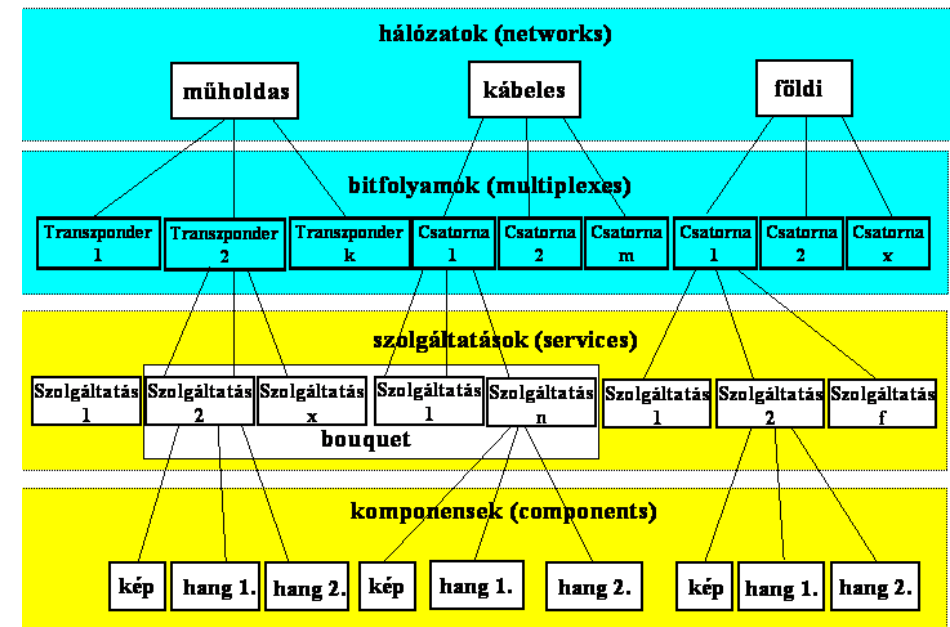
PMT táblák	programok száma a TS-ben				
ismétlés gyakoriság	1	5	10	32	128
1	1504	7520	15040	48148	192512
10	15040	75020	150400	481480	1925120

- Vegyünk az előbbi DVB-T csatornát (22 Mbit/s)
- A PAT és PMT sáv szélesség igény kb. 90 kbit/s (10 Hz)

Órajel szinkronizáció a vevőben



DVB – SI felépítése (DVB-Service Information)



A digitális műsorszórás szolgáltatási modellje

DVB-SI

- A DVB- SI célja: az intelligens vevőkészüléknek olyan információk biztosítása, melyek segítségével lehetővé válik:
 - különböző TS adatfolyamok demultiplexelése
 - a különböző program adatfolyamok dekódolása
 - a szolgáltató számára fizetős szolgáltatások bevezetése és a felhasználó számára azok dekódolása
- Az MPEG-2 táblák csak az aktuális multiplex adatairól hordoznak információt
- Az SI nem csak a saját, de egyéb multiplexekről, és hálózatról is hordozhat teljes körű információt
- A DVB-SI az információkat táblák formájában hordozza

DVB-SI

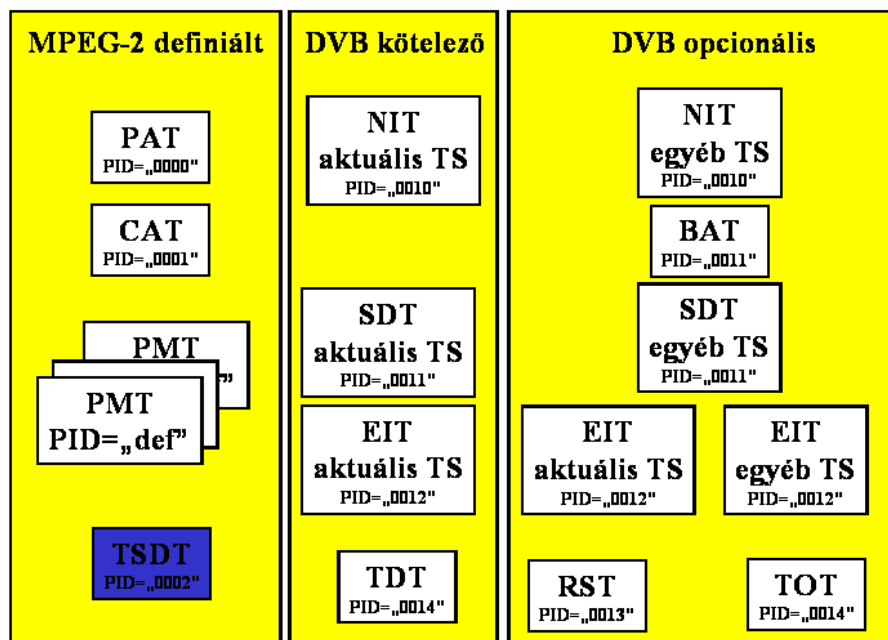
- Tulajdonképpen új táblákkal egészíti ki a PSI rendszert, és részben a PSI táblákat is újradefiniálja
- Minden tábla önálló névvel, és önálló feladattal rendelkezik
- Az SI rendszert a DVB elsősorban a vevőkészülékek által megvalósítható intelligens funkciók (önkonfigurálás, elektronikus műsorújság /Electronic Program Guide, EPG/, interaktív funkciók) támogatására dolgozta ki
- Az SI táblák átvitelekor a PSI-nél ismertetett módszert alkalmazzuk
- Az egyes táblák ismétlési gyakorisága: kb. 25 ms

SI táblák kialakításának elvei

- TS csomagba illesztés előtt a táblákat olyan szekciókra kell osztani, melyek befejeznek a TS csomagokba
- Az egyes szegmenseket a TS csomagokba történő beültetés előtt azonosítani kell
- Az alkalmazott azonosítók:
 - Tábla azonosító (table-ID)
 - Tábla azonosító kiterjesztése (table-id-extension)
 - Szekció szám (section number)
 - Verzió száma (version number)
 - Jelenlegi-következő konfiguráció jelzése (current next indicator)

A DVB-SI 11 táblát tartalmaz

- Hálózat azonosító (NIT)
- **Transzport azonosító (TS Description Table: TSDT)**
- Csokor hozzárendelő (Bouquet Association Table: BAT)
- Szolgáltatás leíró (Service Description Table: SDT)
- Esemény leíró (Event Information Table: EIT)
- Futási állapot (Running Status Table: RST)
- Idő és dátum (Time & Date Table: TDT)
- Helyi idő offset (Time Offset Table: TOT)
- **Helykitöltés (Stuffing Table)**
- **Kiválasztási információk (Selection Information Table)**
- **Megszakítási információk (Discontinuity Information Table)**



Titkosítás

- Az SI táblák az EIT kivételével nem titkosíthatók
- Az EIT titkosítása azért megengedett, mert az SDT még alkalmas a néző tájékoztatására
- Ugyanakkor a vevő nem képes a műsorlista megjelenítésére, mivel nem tudja, hogy az adott szolgáltatáshoz milyen műsorok tartoznak illetve, hogy ezek mikor kezdődnek
- Így a néző tájékoztatást kaphat a műsorok kódoltságáról, anélkül, hogy ismerné a pontos szolgáltatáshoz kapcsolódó eseménysorrendet
- A műsorok titkosítása (kódolása) egyébként sem alapulhat az SI kódoláson, mivel ez a védelem egy egyszerű PID szűrésen alapuló próbálgatással feltörhető lenne

NIT (Network Information Table)

- A NIT a hálózat által szállított TS adatfolyamok fizikai felépítésével kapcsolatos információkat tartalmazza, és adatokat hordoz a hálózatra vonatkozóan is
- Az **original-network-id** és a **transport-stream-id** együttesen teszi azonosíthatóvá az adatfolyamot
- A hálózatok egyedi **network-id** értékkel rendelkeznek, melyek a hálózatot egyértelműen azonosító kódként szolgálnak
- A kódok megtalálhatók az ETR 162 jelű dokumentumban
- Abban az esetben, ha az adatfolyamot az a hálózat továbbítja, amelyikből az adatfolyam származik, a **network-id** és az **original-network-id** értékei megegyeznek

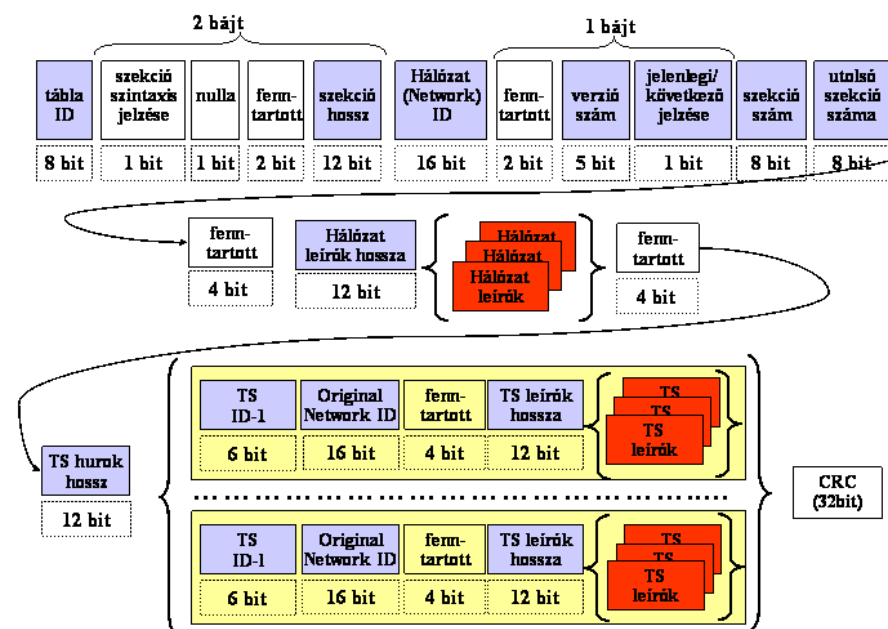
NIT 2.

- A különböző továbbító közegek határainál végrehajtandó módosításokkal kapcsolatban az ETR 211 jelű dokumentum tartalmaz további tudnivalókat
- A vevő a NIT táblákat nem felejtő memóriában tárolja, mert így a csatornaváltáshoz szükséges idő jelentősen lerövidül
- Az aktuális hálózathoz tartozó NIT mellett más hálózatok NIT táblái is továbbíthatók
- Az egyes hálózatok NIT táblái között a **table-id** tesz különbséget

NIT 3.

- A PSI NIT-hez hasonló céllal hozták létre, de adatformátuma pontosan definiált, külön PID-del (kötelező)
- A DVB átviteli csatorna fizikai paramétereit adja meg
- Nemcsak az adott RF közegre vonatkozó infót tartalmazhatja
- Részai:
 - Szolgáltató neve
 - Átviteli közeg leíró: műholdas, földi, kábeles
 - Frekvencia, hibavédelem, moduláció
 - Szolgáltatás lista
 - Privát adat specifikáció

A NIT részletes felépítése



A NIT tábla kódolási komponensei

- **Table-ID (8bit):** ismerjük
- **Section-syntax-indicator (1bit):** értéke mindig „1”
- **Section-length (12bit):** első két bitje „00”, a section-length-től számított, a CRC-t is tartalmazó bájt szám, a szekció legfeljebb 1024 bájt hosszú lehet
- **Network-ID (16bit):** a továbbító rendszer egyedi címkéje (ETR 162)
- **Version-number (5bit):** szekció verziószáma, ha tartalma a korábbihoz képest módosult, értékét eggyel növelni kell
- **Current-next-indicator (1bit):** ha értéke „1”, akkor a szekció az éppen érvényes, ha „0” akkor a szekció nem a jelenlegi hanem a következő

A NIT tábla kódolási komponensei

- **Section-number (8bit):** szekció szám, egy tábla első szekció száma „00”, minden további, ugyanolyan table-ID és network-ID-vel rendelkező szekció esetén értéke eggyel nő
- **Last-section-number (8bit):** a tábla legutolsó szekciószáma
- **Network-descriptors-length (12bit):** mely az öt követő hálózati leírók együttes hosszát adja meg bájtban
- **TS-loop-length (12bit):** a TS-re vonatkozó adatok hossza
- **TS-ID:** az adott TS egyedi azonosítója
- **Original-network-ID:** a multiplexet eredetileg továbbító hálózat network-ID azonosítóját megadó 16 bites címke
- **TS-descriptor-length (12bit):** az öt követő leírók bájt száma
- **CRC-32:**

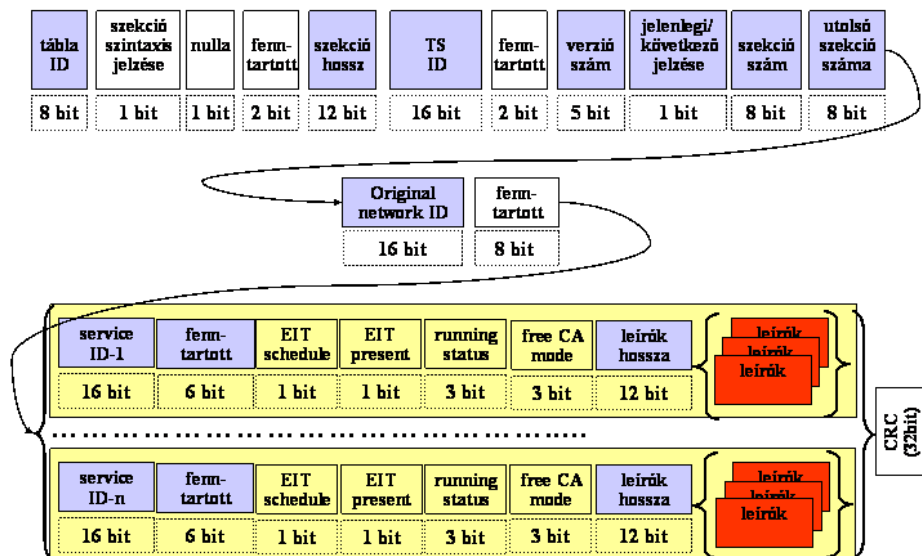
BAT (Bouquet Association Table)

- A BAT a külön-külön előfizethető programcsomagokat azonosítja (továbbítása opcionális)
- Különböző típusú (hír, mozi, sport) program csatornákat tartalmaz, amit közös program-csokornévvel látnak el
- Egy programcsokor elemei több TS-ben is elhelyezkedhetnek
- A programcsokor információkat hordozó leírók:
 - Programcsokor név
 - Ország elérhetőség
 - Titkosítási rendszer azonosító
 - Szolgáltatási lista

SDT (Service Description Table)

- Szolgáltatás: a műsorszóró által kialakított program
- A szolgáltató által felkínált programokra, műsorcsoporthoz tartozó adatokat tartalmazza
- Jelezheti a kezdési időpontot, időtartamot, kódoltságát
- Az aktuális, illetve más TS-ekben hordozott szolgáltatásokról hordozhat teljes körű leírást
- Tartalmazza a szolgáltatás azonosítót, amely az adott szolgáltatásra az adott TS-en belül egyedi
- Az SDT minden szolgáltatást külön jellemez a leírókkal:
 - Szolgáltatás és programcsokor név leíró
 - Elérhetőségi leíró, titkosítási rendszer azonosító

SDT részletes felépítése



Az SDT tábla kódolási komponensei

- **TS-ID (16bit):** azon TS azonosítója, melyre az SDT tábla adatokat hordoz
- **Original-network-ID (16bit):** TS-t eredetileg továbbító hálózat Network-ID-je
- **Service-ID (16bit):** TS-en belül az adott szolgáltatást a többi szolgáltatástól megkülönböztető azonosító, általában értéke megegyezik a megfelelő PMT programszámmal
- **EIT-schedule-flag (1bit):** jelzi, hogy az EIT ütemezési információt is hordoz az aktuális TS (ETR 211)
- **EIT-present-following-flag (1bit):** jelzi, hogy az EIT jelenlegi/következő információt is hordoz az aktuális TS (ETR 211)
- **Running-status (3bit):** a szolgáltatás állapotát azonosítja

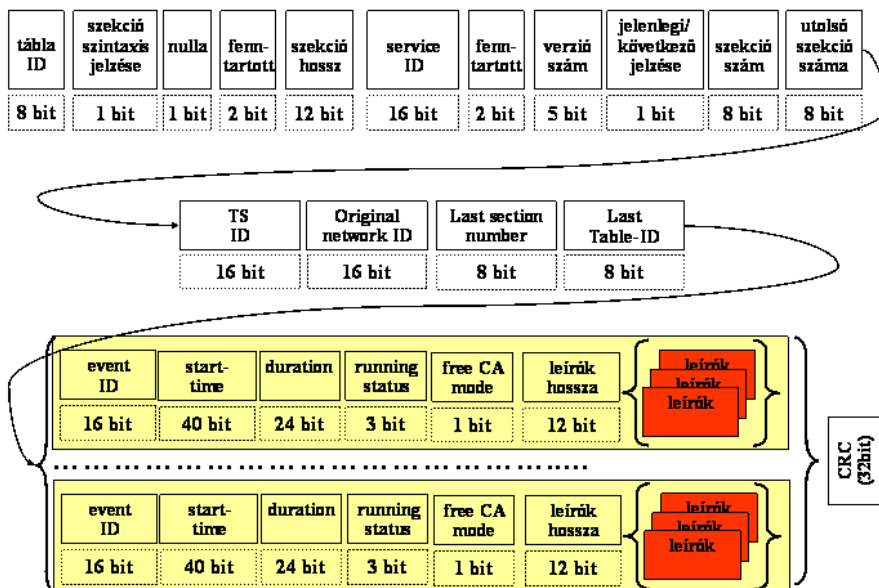
EIT (Event Information Table)

- Eseménynek tekintendő minden olyan elemi adatfolyam, ami meghatározott kezdő időponttal és időtartammal rendelkezik
- Esemény lehet az ezekből kialakított olyan szolgáltatás, mint például egy labdarúgó mérkőzés első félideje, villámhírek vagy egy szórakoztató műsor első rész
- Minden esemény egyedi azonosítóval rendelkezik
- Az EIT tábla időrendbe szedett információkat tartalmaz az egyes szolgáltatások eseményeivel kapcsolatban
- A táblák szolgáltatásonként tartalmazzák az alkotó események leírását (kezdő időpont, időtartam, állapot)

EIT

- Az EIT táblákat négy csoportra lehet sorolni, melyek az eltérő table-ID azonosítóval különböztethetők meg
 - aktuális TS jelenlegi/következő eseményeire vonatkozó információk: table-ID = 4E
 - egyéb TS jelenlegi/következő eseményeire vonatkozó információk: table-ID = 4F
 - aktuális TS esemény ütemezési infó: table-ID = 50-5F
 - egyéb TS esemény ütemezési infó: table-ID = 60-6F
- Az EIT az aktuálisról kötelezően, az egyéb TS tartalmáról opcionálisan hordozhat információt

Az EIT részletes felépítése



Az EIT tábla kódolási komponensei

- **Service-ID (16):** az aktuális szolgáltatást különbözteti meg a TS többi szolgáltatásától, értéke a programszám
- **TS-ID (16):** azon TS azonosítója, amelyről az EIT információt hordoz
- **Original-network-ID (16):** az eredeti továbbító hálózat azonosítója
- **Event-ID (16):** az ismertett esemény egyedi azonosítója
- **Start-time (40):** az esemény kezdete UTC-ben és MJD-ben, az első 16 bit az MJD 16 alsó bitje, a maradék 24 bit az UTC 6 számjegye BCD számként
- **Duration (24):** az esemény időtartama 6 BCD számként óra, perc és másodperc (pl: 01:45:30 = 014530)
- **Running-status (3):** a szolgáltatás állapotának megadása
- **Free-CA-mode (1):** ha „0”, akkor a szolgáltatás adatfolyamai nem titkosítottak

Időt hordozó táblák

TDT (Time & Date Table):

- Nem tartalmaz leíró, a valós időnek megfelelő, UTC és MJD (Modified Julian Date) kódolású, idő és dátum információ

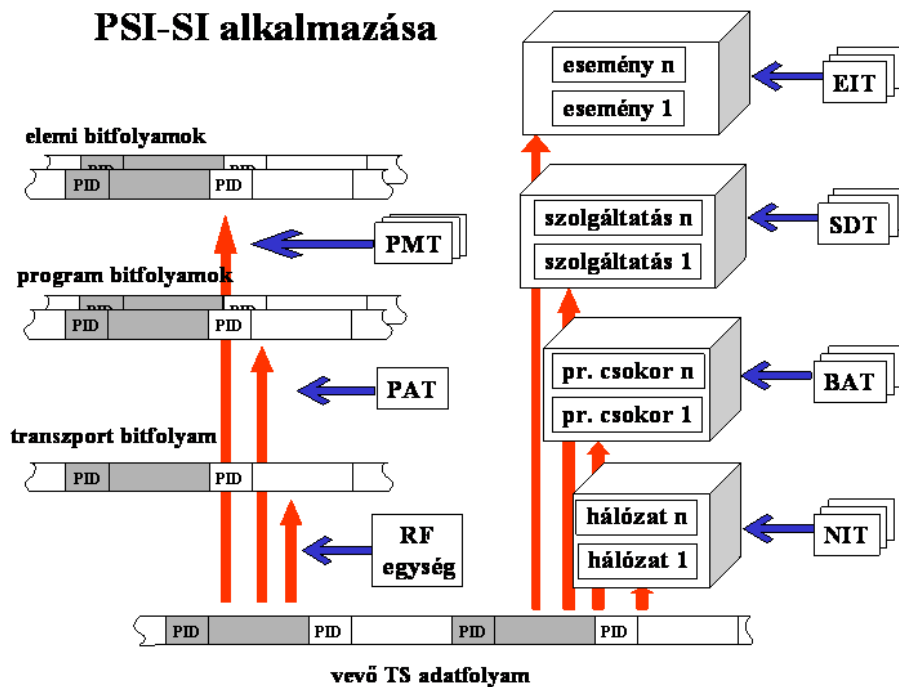
TOT (Time Offset Table):

- A helyi idő eltolódás leíró tartalmazza
- Több időzónájú ország esetén, az ország régió jelzéssel különböztethetők meg az eltérő régiókba szánt információk
- Vevőkészülék telepítésekor szükséges a megfelelő ország, vagy régió kód beállítása, amit a néző, vagy a szolgáltató végezhet
- Ez az információ adhatja az IRD órájának szinkronizálását is

RST (Running Status Table)

- Megadja az esemény futási állapotát
- A futási állapotok a következők:
 - **futó:** az adott esemény éppen fut
 - **nem futó:** az esemény még nem kezdődött el, vagy már vége
 - **szünetelő:** az esemény aktuális, de most éppen nem fut, mivel olyan adatot sugároznak éppen, ami nem része az eseménynek. (pl. reklám film közben), az esemény sugárzása a későbbiekben mindenképpen folytatódni fog
 - **következő másodpercekben indul:** az esemény néhány másodperc múlva adásba kerül
- Alap cél: automatikus videó felvétel vezérlés

PSI-SI alkalmazása



Tipikus adatfolyam felépítés

- Egy multiplex fontosabb adat komponensei:

Adatfolyam típus	Bitsebesség (kbit/s)
SI:	500
PSI:	200
Digitális teletext:	330
Összesen:	1000

- Programonként szükséges adat komponensek

Adatfolyam típus	Bitsebesség (kbit/s)
Videó (MPEG-2):	4000
Audió (5.1):	300
Képaláírás:	50
CA (csokronként):	600
Összesen/program:	4950

LEÍRÓ	kód	NIT	BAT	SDT	EIT	PMT
Hálózat neve [network_name]	40	•				
Szolgáltatás-lista [service_list]	41	•	•			
Műholdas rendszer [satellite_delivery_system]	43	•				
Kábel [cable_delivery_system]	45	•				
Csokor név [bouquet_name]	47		•	•		
Szolgáltatás [service]	48			•		
Országok [country_availability]	49		•	•		
Rövid esemény [short_event]	4D				•	
Komponens leíró [component]	50				•	
Stream azonosító [stream_identifier]	52					•
Tartalom leíró [content]	54				•	
Szülei minősítés [parental_rating]	55				•	
Teletext leíró [teletext]	56					•
Helyi idő eltolás [local_time_offset]	58					
Feliratozás leíró [subtitling]	59					•
Földi szolgáltatás [terrestrial_delivery_system]	5A	•				
Többnyelvű csokor-név	5C		•			
Többnyelvű szolgáltatás-név	5D			•		
Többnyelvű komponens-név	5E				•	
Frekvencia lista [frequency_list]	62	•				
Titkosítási rendszer [CA_system]	65					•

Leírók (részletek)

A leírók kódolása (részletek)

- Minden leíró kódolása három elemet tartalmaz
- 8 biten a leíró kódja (descriptor-tag, ISO/IEC 13818-1)
- 8 biten a leíró hossza bájtban (descriptor-length)
- Majd maga a leíró szövegesen és speciálisan kódolva
- Például:
- Csokornév (Bouquet name) szövegesen
- CA-azonosító (CA identifier): 16 bites, kódolt (ETR 162)
- Összetevő kódolása:
 - Adatfolyam típusa
 - Komponens típusa
 - Nyelv

A leírók kódolása (részletek)

Adatfolyam tartalom	Komponens típusa	Leírás
0x01	0x01	videó, 4:3 képarány, 25 Hz
0x01	0x02	videó, 16:9 képarány pan vektorokkal, 25 Hz
0x01	0x03	videó, 16:9 képarány pan vektorok nélkül, 25 Hz
0x01	0x04	videó, > 16:9 képarány, 25 Hz
0x01	0x05	videó, 4:3 képarány, 30 Hz
0x01	0x06	videó, 16:9 képarány pan vektorokkal, 30 Hz
0x01	0x07	videó, 16:9 képarány pan vektorok nélkül, 30 Hz
0x01	0x05	videó, > 16:9 aspect ratio, 30 Hz
0x01	0x09	HD videó, 4:3 képarány, 25 Hz
0x01	0x0A	HD videó, 16:9 képarány pan vektorokkal, 25 Hz
0x01	0x0B	HD videó, 16:9 képarány pan vektorok nélkül, 25 Hz
0x01	0x0C	HD videó, > 16:9 képarány, 25 Hz
0x01	0x0D	HD videó, 4:3 képarány, 30 Hz
0x01	0x0E	HD videó, 16:9 képarány pan vektorokkal, 30 Hz
0x01	0x0F	HD videó, 16:9 képarány pan vektorok nélkül, 30 Hz
0x01	0x10	HD videó, > 16:9 képarány, 30 Hz

A leírók kódolása (részletek)

Adatfolyam tartalom	Komponens típus	Leírás
0x02	0x01	Audió, mono csatorna
0x02	0x02	Audió, két mono csatorna
0x02	0x03	Audió, sztereo
0x02	0x04	Audió, többnyelvű, többcsatornás
0x02	0x05	Audió, surround hang
0x02	0x40	hanggal történő leírás a látáskárosultak számára
0x03	0x01	EBU teletext feliratok
0x03	0x03	VBI adat
0x03	0x11	DVB feliratok (normál), AR: 4:3
0x03	0x12	DVB feliratok (normál), AR: 16:9
0x03	0x13	DVB feliratok (normál), AR 2,21:1
0x03	0x21	DVB feliratok (halláskárosultak), AR 4:3
0x03	0x22	DVB feliratok (halláskárosultak), AR: 16:9
0x03	0x23	DVB feliratok (halláskárosultak), AR: 2,21:1
0x04	0x00-0x7F	AC-3 audió módok számára fenntartott

Tartalom leírók

Film/színmű:
film/színmű (általános)
Bűnügyi / thriller
Kaland / western / háborús
tudományos fantasztikus / fantasy / horror
vígjáték
Szappanopera / melodráma/ folklór
romantikus
komoly/klasszikus/ vallásos/történelmi film/színmű
felnőtt film/színmű

Hírek/események:
hírek/események(általános)
hírek/időjárásjelentés
híradó
dokumentumfilm
beszélgetés/interjú/vita
jövőbeni használatra fenntartott
felhasználó által definiált
Show/játék:
show/játék(általános)
játék/kvíz/vetélkedő
varieté
talk show

Földfelszíni rendszer- (Terrestrial delivery) leíró

- **Centre-frequency (32 bit):** a frekvencia binárisan kódolt értéke 10 Hz lépésközzel, tartomány: 10 Hz - 42949672950 Hz

- **Bandwidth (3bit):**

000	8 MHz
001	7 MHz
010	6 MHz
011-111	jövőbeni használatra fenntartott

- **Constellation (2bit):**

00	QPSK
01	16-QAM
10	64-QAM
11	jövőbeni használatra fenntartott

- **Hierarchy-information (3bit):**

000	nem hierarchikus
001	$\alpha=1$
010	$\alpha=2$
011	$\alpha=4$
100-111	jövőbeni használatra fenntartott

- **Code-rate (3bit):** nem hierarchikus esetben egyetlen, hierarchikus moduláció esetén két különböző kódarány

000	1/2
001	2/3
010	3/4
011	5/6
011	7/8
101-111	jövőbeni használatra fenntartott

- **Guard-interval (2bit):**

Guard-interval	A védelmi intervallum értékei
00	1/2
01	2/3
10	3/4
11	5/6

- **Transmission-mode (2bit):**

Transmission-mode	A védelmi intervallum értékei
00	2k mód
01	8k mód
10-11	jövőbeni használatra fenntartott

- **Other-frequency-flag (1):** egyéb frekvenciák használatban vannak-e

Feltételes hozzáférés Conditional Access: CA

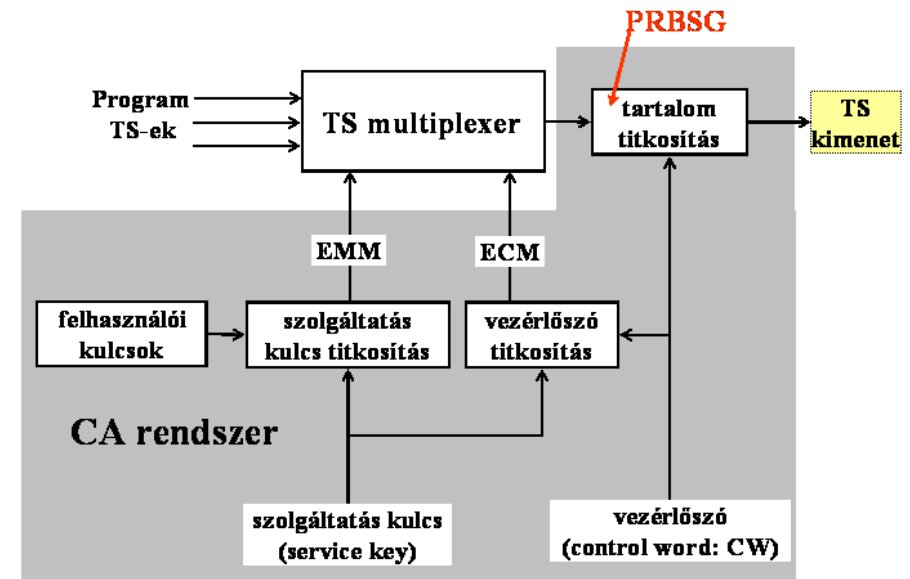
Digitális műsorszolgáltatás és a CA

- A fizetős digitális tv szolgáltatások CA rendszerei a szolgáltatás adatait összekeverik valamilyen szabványos, vagy nem-szabványos algoritmus szerint egy vezérlőszó (Control Word: CW) irányításával
- A CW-t természetesen továbbítani kell
- De a CW önmagában nem továbbítható, csak egy további titkosítás után
- A titkosított CW-t a feljogosított vevők kinyerik, majd segítségével megszüntetik a titkosítást
- A CW titkosító algoritmus része a CA-nak, ezért csak a jogosultsággal rendelkező vevők ismerhetik az algoritmus valamennyi adatát

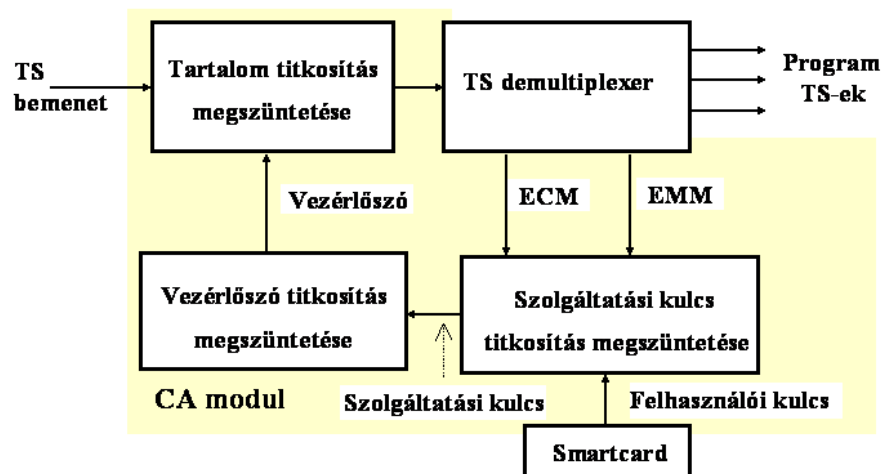
MPEG/DVB feltételes hozzáférés

- Az MPEG/DVB digitális adatfolyam magában hordozza a CA viszonylag egyszerű megvalósítását
- A két legkritikusabb fogalom a jogosultság vezérlő üzenet, (ECM: Entitlement Control Message) és a jogosultság kezelő üzenet (EMM: Entitlement Management Message)
- A CA rendszer a tartalmat a CW irányításával összekeveri
- A CW-t másodperc nagyságrendjében változtatják és a szolgáltatási kulccsal titkosítva az ECM üzenetekben továbbítják
- A szolgáltatási kulcsot a felhasználói kulcsokkal titkosítják, és az EMM üzenetekben továbbítják
- A TS multiplexer a TS adatfolyamba beülteti az EMM és ECM adatsatorként

DVB adóoldali CA rendszertechnika



DVB vevőoldali CA rendszertechnika



DVB-vevő CA interfészei

